

УДК 66.074.48

## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ МОДЕЛИ КАРТРИДЖА ФИЛЬТРА-КУВШИНА

**Манойленко А. Е., Ермолович О.А., Громыко Ж.Н.**

Министерство транспорта и коммуникаций «Белорусский государственный университет транспорта» г. Гомель, Республика Беларусь

[ermolovich@yandex.ru](mailto:ermolovich@yandex.ru)

*The main idea of the method of water filtration, that the water move in a spiral, as a result increasing the time contact and contact area of the water with feed material.*

### **Введение**

Современные методы подготовки питьевой воды хороши тем, что дают возможность выбрать именно тот метод, который окажется самым эффективным для конкретных условий его применения.

Водопроводная вода, пройдя долгий путь по трубам, теряет свои первоначальные свойства, повышается концентрация солей кальция и магния. Значительная часть железа вымывается в питьевую воду из водопроводных труб вместе с другими металлами, входящими в их состав: хром, марганец, кобальт, никель, цинк и др. В настоящее время повышенное содержание железа в воде обнаруживают в водопроводах Гомельской области, а также в ведомственных водопроводах Брестской, Гродненской и Могилевской областей. Такую ситуацию специалисты объясняют недостатком станций обезжелезивания. Употребление воды, содержащей вредные примеси, может существенно повлиять на организм человека, привести к болезням суставов, образованию камней в почках, циррозу печени, атеросклерозу, инфаркту и другие.

### **Очистка воды с использованием фильтров**

Бытовые фильтры очистки воды почти всегда рассчитаны на небольшие пропускные объемы и, соответственно, имеют малые габариты и вес. В большинстве случаев фильтрующий элемент представляет собой кассету, имеющую различные функциональные параметры. Как правило, бытовые фильтры врезаются непосредственно в водопроводную сеть через посредство резьбовых муфт или фланцевых соединений. В бытовых условиях широко используются различные фильтры-кувшины и насадки на кран, Российских производителей «Гейзер», «Brita», «Барьер», «Новая вода», «Аквафор».

Фильтры для очистки питьевой воды делятся на несколько групп:

1. Фильтры механической очистки питьевой воды служат для удаления таких механических частиц, как песок, ржавчина, или другие твердые частицы, которые не растворяются в воде.

2. Фильтры для обезжелезивания нужны при большом содержании растворенного железа. В основе таких фильтров лежат окислители, в качестве окислителей выступают смолы и природные минералы, которые взаимодействуют с железом и марганцем, благодаря чему образуются оксиды. Оксиды выпадают в осадок, и в таком виде их легко отфильтровать.

3. Угольные фильтры очистки питьевой воды улучшают вкус, цвет и запах воды, поглощая растворенные газы, органические соединения, хлор и его производные (принцип работы угольного фильтра и физика процессов, происходящих в нём).

Однако в отношении угольных фильтров определяется опасность размножения в них бактерий, и по этой причине следует уделять особое внимание к периоду их использования в бытовых системах водоподготовки. Их использование целесообразно в составе комбинированных фильтров очистки воды.

4. Умягчители на основе полимерных смол удаляют соли жесткости, тем самым умягчая воду и предотвращая появление накипи. Помимо этого специальные умягчающие засыпки фильтра могут удерживать и другие растворенные элементы, например, железо, марганец, нитраты, нитриты, сульфаты, органические соединения.

5. Ультрафиолетовые стерилизаторы применяются для обеззараживания воды, то есть для удаления микроорганизмов. Ультрафиолетовые лучи, проникая в клетку микроорганизма, разрушают ее изнутри. В результате такой очистки питьевая вода практически полностью освобождается от бактериологических загрязнений.

6. Фильтры очистки питьевой воды обратного осмоса считаются лучшими среди бытовых систем водоочистки. За счет использования полупроницаемой мембраны вода и растворенные вещества разделяются на молекулярном уровне. Вода проходит через мембрану, а загрязнения остаются с другой стороны и затем сбрасываются обратно в канализацию.

В домашней водопроводной сети часто применяются различного рода касетные фильтры. Их выбор достаточно широк и зависит от поставленной задачи, т.е. от того, насколько тонкой должна быть очистка. Существуют необслуживаемые одноразовые фильтры, подлежащие периодической замене. Но большая часть фильтров моющиеся, т.е. восстанавливающиеся промывкой воды. Промывка выполняется обратным током воды самим пользователем так часто, как того требует фактическая загрязненность фильтра.

Существуют также самоочищающиеся фильтры, обслуживание которых выполняется автоматически по определенной программе. Интервалы между периодической очисткой фильтра, время и продолжительность промывки устанавливаются при помощи пульта управления. Фильтры могут комплектоваться манометром, отображающим рабочее значение потери нагрузки. Фильтры, устанавливаемые на входе в домашний контур, т.е. в точке подключения к водопроводной магистрали, могут оснащаться редукторами давления, которые независимо от колебаний давления на входе будут поддерживать постоянное давление на выходе.

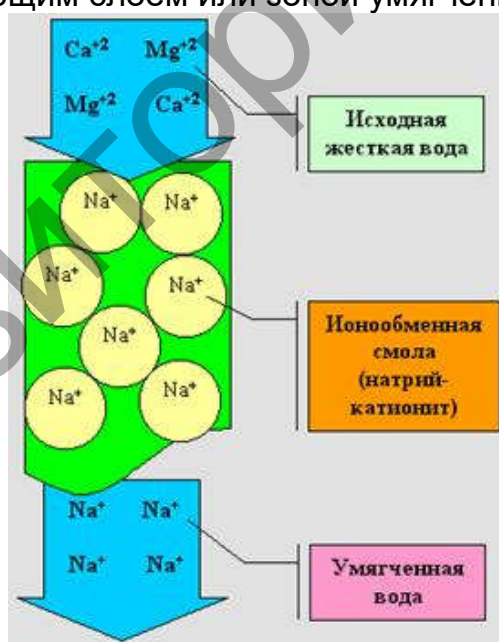
Особое внимание заслуживают фильтры-кувшины, которые не нужно подключать к водопроводу и производить какие-то специальные установочные работы по их использованию. Принцип очистки воды прост и понятен практически каждому: воду необходимо залить в кувшин через верхнее отверстие, за счет силы тяжести она пройдет через сменную кассету, после чего проходит в резервуар для очищенной воды.

Следует особое внимание обратить на сменные кассеты для данного типа фильтров, так как они могут быть самыми разнообразными. Большой популярностью пользуются картриджи, применяемые для жесткой воды с целью её умягчения и улучшения органолептических свойств. С целью выполнения вышеописанных функций в таких фильтрах в качестве загрузки применяется ионообменные смолы. Ионообменные смолы представляют собой нерастворимые высокомолекулярные соединения с функциональными ионогенными груп-

пами, способными вступать в реакции обмена с ионами раствора. Некоторые типы ионитов обладают способностью вступать в реакции комплексообразования, окисления-восстановления, а также способностью к физической сорбции ряда соединений.

Умягчение воды катионированием основано на явлении ионного обмена, сущность которого состоит в способности ионообменных материалов или ионитов поглощать из воды положительные ионы в обмен на эквивалентное количество ионов катионита. Каждый катионит обладает определенной обменной емкостью, выражающейся количеством катионов, которые катионит может обменивать в течение фильтроцикла. Обменную емкость катионита измеряют в грамм-эквивалентах задержанных катионов на 1 м<sup>3</sup> катионита, находящегося в набухшем (рабочем) состоянии после пребывания в воде, т.е. в таком состоянии, в котором катионит находится в фильтрате. Различают полную и рабочую обменную емкость катионита. Полной обменной емкостью называют то количество катионов кальция и магния, которое может задержать 1 м<sup>3</sup> катионита, находящегося в рабочем состоянии, до того момента, когда жесткость фильтрата сравнивается с жесткостью исходной воды. Рабочей обменной емкостью катионита называют то количество катионов Ca<sup>+2</sup> и Mg<sup>+2</sup>, которое задерживает 1 м<sup>3</sup> катионита до момента «проскока» в фильтрат катионов солей жесткости. Обменную емкость, отнесенную ко всему объему катионита, загруженного в фильтр, называют емкостью поглощения.

При пропуске воды сверху вниз через слой катионита происходит её умягчение, заканчивающееся на некоторой глубине. Слой катионита, умягчающий воду, называют работающим слоем или зоной умягчения (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Схема умягчения воды

При дальнейшем фильтровании воды верхние слои катионита истощаются и теряют обменную способность. В ионный обмен вступают нижние слои катионита, и зона умягчения постепенно опускается. Через некоторое время наблюдаются три зоны: работающего, истощенного и свежего катионита. Жесткость фильтрата будет постоянной до момента совмещения нижней границы зоны умягчения с нижним слоем катионита.

Для механической очистки воды в картридже применяются следующие зернистые загрузки в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, требуемой степени очистки воды: кварцевый песок, дробленый антрацит, керамзит, пористый алюмосиликат. Примером служат такие фильтры, как Гейзер, Барьер, Новая вода.

Анализ существующих картриджей показал, что фильтрующие материалы, используемые в фильтрах-кувшинах, основаны на угольном сорбенте, т.к. это наиболее дешевый сорбент из существующих. Использование такого рода наполнителя в фильтрах имеет свои плюсы и недостатки. Угольный фильтр имеет смысл применять для доочистки водопроводной воды, особенно если в качестве обеззараживающего элемента местная водоочистная станция использует хлор, продукты распада которого крайне вредны.

Механизм действия угольных фильтров основан на двух процессах – адсорбции (притяжения примесей, содержащихся в воде, к поверхности адсорбента) и каталитическом сокращении (процесс притяжения положительно заряженными ионами углерода, из которых состоит поверхность угольного фильтра, отрицательно заряженных частиц, содержащихся в фильтруемой воде). Обычный уголь (уголь-сырец) имеет сравнительно небольшую адсорбционную способность, так как его удельная поверхность сравнительно невелика и поры в значительной степени заполнены смолами и продуктами неполного сгорания, образующимися при получении угля. Обычный активированный уголь получают чаще всего из дуба, ели, березы, сосны. Более эффективный и экологически безопасный является кокосовый уголь. Благодаря своей структуре кокосовый уголь обладает улучшенными сорбционными возможностями, обеспечивает более качественную очистку воды в сравнении с обычным углем, вследствие большей суммарной площади фильтрующих пор.

В последнее время в качестве загрузочного материала фильтр-кувшинов стали применять также природные минералы, как шунгиты, цеолиты. Исследования, проводимые в этой сфере показали, что эффективность шунгита при очистке воды может достигать 95 %. Среди примесей, от которых может очистить воду шунгит, тяжелые металлы, нефтепродукты, хлороорганические соединения, фенолы, диоксины и радионуклеиды. После этой очистки улучшается вкус воды, она становится прозрачной и насыщается микро- и макроэлементами, необходимыми для человека. Очистка снижает мутность воды на 95% и устраняет неприятный запах на 85%.

Так же большую популярность, в качестве загрузочного материала, получили цеолиты – природный минерал (алюмосиликат), имеющий пористую структуру, содержащий в своем составе множество таких элементов, как оксиды кремния, железа, магния, кальция, калия, натрия, цинка, титана, меди, фосфора, марганца, серебра, бора, фтора, а также кобальта, молибдена, никеля и прочих металлов. Цеолит взаимодействует с водой как фильтрующий материал и адсорбент. Благодаря ионообменным свойствам, цеолит способен длительное время проводить очистку воды от разного типа неорганических (например, от тяжелых металлов, железа общего, ионов аммиака, сульфатов, нитратов, нитритов, фосфатов, хлоридов, фтора, цианидов и т.д.) органических веществ (от поверхностно-активных веществ), фенола, эмульгированных нефтепродуктов, трихлорэтилена и т.д.) с последующей регенерацией.

Загрузка на основе природных цеолитов позволяет производить очистку пищевых и технических жидкостей от ионов железа, кобальта, магния, кальция, меди, кадмия, цинка, никеля и других металлов, а также органических веществ и нефтепродуктов. Цеолит подвергается многократной регенерации исходной водой или солевым раствором, в зависимости от целей его использования.

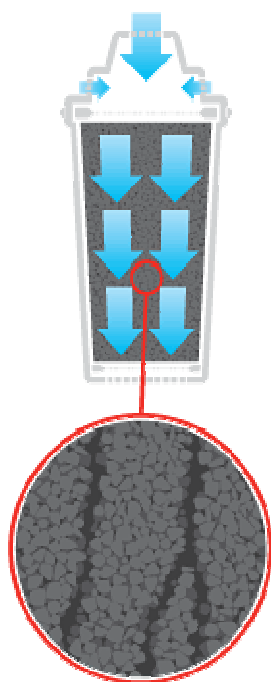
Новыми методами очистки водопроводной воды считаются мембранная фильтрация и электрохимический способ очистки. Однако использование таких методов очистки для домашнего использования не представляется возможным в виду их высокой стоимости.

Комплексное использование различных способов очистки позволяет исключить недостатки отдельных методов и получить наиболее качественную питьевую воду.

### **Разработка способа и метода очистки воды**

Главный недостаток проточного картриджа в том, что вода, проходя через слой загрузочного материала, образует в нем каналы (русла), и вода в дальнейшем проходит не через загрузку фильтра, а проходит «транзитом» через образовавшиеся русла. Это приводит к снижению эффективности доочистки питьевой воды, так как большинство загрузочного материала просто не используется (рисунок 2).

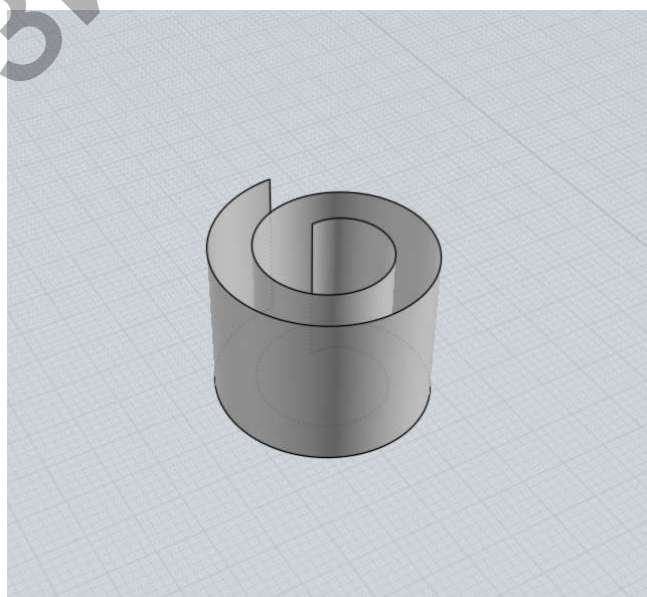
Обычный проточный картридж



*Рисунок 2 – Проточный картридж*

Сутью разработанной модели является то, что внутрь картриджа устанавливается специальная тонкая многovitковая спираль со специально подобранным шагом, которая заворачивает поток воды во внутреннем объеме картриджа, меняя схему очистки с проточной на спиральную. Это увеличивает длину пути, которую проходит вода внутри картриджа при заданном его объеме и скорости потока, и, соответственно, увеличивает время контакта воды с сорбентом.

Это существенно улучшает степень очистки (рисунок 3).



*Рисунок 3 – Спираль помещаемая в тело фильтра*

Кроме того, движение воды по спирали в гранулированной фильтрующей среде картриджа предотвращает образование русел, что не только увеличивает время контакта воды с фильтрующей средой, но и способствует более полному и равномерному использованию её фильтрующих свойств в объеме всего картриджа. Это улучшает срок эффективной сорбции (для активированного угля) или эффективного умягчения (для ионообменной смолы), т.е. продлевает ресурс картриджа. Преимущество данной разработки заключается в возможности многократной замены фильтрующего материала в разработанном картридже любым существующим в настоящее время, в зависимости от условий его использования.

### **Выводы**

Данная разработанная модель картриджа фильтра-кувшина может быть использована с любыми существующими в настоящее время на рынке фильтрующими материалами. Для внедрения и практического применения разработанного картриджа фильтра-кувшина требуется проведение дополнительных исследований и анализов на эффективность применения в конкретных условиях с увеличением степени очистки воды. Экономическая целесообразность данной разработки заключается в снижении затрат на приобретение нового картриджа, вследствие возможности замены фильтрующего материала.

УДК 628.314

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Новикова О. К., Вострова Р.Н., Власюк Т.А.**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь, [olanov2007@mail.ru](mailto:olanov2007@mail.ru)

*The paper assesses the qualitative composition of the wastewater of the dairy industry. Results norms of permissible concentrations. The problems in the standardization of concentrations of pollutants in waste water discharged into the municipal sewage system.*

### **Введение**

Защита водных объектов является одной из ряда важных проблем современности. Основным источником загрязнений водоемов являются сточные воды, отводимые канализационной сетью города. Если качество бытовых сточных вод можно считать постоянным, то сточные воды промышленных предприятий содержат в своем составе различные загрязнения в широком диапазоне колебания концентраций.

В составе городских сточных вод они поступают на очистные сооружения, где подвергаются очистке. Для обеспечения эффективной работы городских очистных сооружений к сточным водам предъявляются требования, определяемые величиной предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в составе городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, на основании которых устанавливаются предельно допустимые концентрации загрязняющих